Ondes de choc lumineuses cosmiques

(*et événements atmosphériques*)

Russell Bagdoo

rbagdoo@gmail.com
Russellbagdoo@outlook.com

MOTS-CLÉ : ondes de choc lumineuses cosmiques, effet Tcherenkov, rayons cosmiques, rayons gamma extragalactiques, plasma solaire, climatologie, flashes lumineux.

Sommaire

Nous émettons l'hypothèse de l'existence d'ondes de choc lumineuses susceptibles de participer à la formation de nuages et d'événements atmosphériques sévères, tels les tornades, cyclones. Ces ondes auraient la particularité d'être créées et modulées par le choc des rayons cosmiques galactiques avec les particules de la couronne solaire : les particules énergétiques du rayonnement cosmique, en collision avec les atomes de l'atmosphère solaire, les disloquent, avec le résultat que la vitesse de l'électron ultra-relativiste dans le plasma solaire peut être supérieure à la vitesse de la lumière dans ce milieu. Ce qui, en particulier, produirait un rayonnement secondaire d'intensité supérieure analogue à celui des ondes rayonnantes dans les liquides par effet Tcherenkov. Leur existence pourrait être liée à un phénomène visuel appelé « expérience de flashes lumineux » auquel tous les astronautes sont confrontés. Il existerait un rayonnement Tcherenkov dans les hautes couches atmosphériques et dans le plasma solaire, analogue à celui qui existe dans les milieux liquides, apte à modifier l'albédo de notre planète et à heurter les yeux des gens dans l'espace.

1
Introduction

1- l. Les rayons cosmiques

Les rayons cosmiques sont des particules énergétiques qui se trouvent dans l'espace et s'infiltrent dans notre atmosphère. Ils viennent de toutes les directions de l'espace et la naissance de la plupart est inconnue. Ils ont été découverts en raison de l'ionisation qu'ils produisent dans notre atmosphère. Ils ont une gamme d'énergie extrême de particules incidentes, ce qui permet aux physiciens d'étudier les aspects de leur champ qui ne peuvent être approfondis d'une tout autre manière. La Terre reçoit un rayonnement ionisant en provenance du cosmos formé de particules qui se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière. Il est constitué de deux composantes, l'une liée à l'activité du Soleil, l'autre d'origine galactique [1].

Origine solaire. Le Soleil est la racine de la composante sporadique et aléatoire du rayonnement cosmique. L'astre éjecte en permanence des particules qui s'ajoutent au rayonnement galactique avec une intensité qui varie selon un cycle de onze ans. Ces particules ayant une énergie plus faible que celles d'origine galactique, seule une fraction d'entre elles atteignent la surface de la Terre et elles ne se répartissent pas uniformément.
Origine galactique. La composante permanente du rayonnement cosmique puise sa genèse dans la galaxie. Elle est constituée de particules très énergétiques éjectées par les explosions de supernovæ. Ces particules sont des atomes privés de leurs électrons en raison des

températures régnant dans ces étoiles massives agonisantes. Elles sont de différents types, essentiellement des noyaux d'hydrogène (protons : 85%) et d'hélium (particules alpha : 12,5%), mais aussi des noyaux plus lourds (1%) : fer, nickel, cobalt, carbone, oxygène, azote. On a encore découvert une infime quantité de noyaux d'atomes d'éléments légers : lithium, béryllium et bore. Il y a également des électrons (1,5%) [2]. Le rayonnement cosmique galactique est isotrope, ce qui expose en permanence toute la surface de la Terre.

Une partie du rayonnement galactique est déviée par le champ magnétique transporté par le vent solaire. En effet, les caractéristiques, notamment magnétiques, du flux de particules échappé de l'atmosphère du Soleil, varient avec l'activité solaire et induisent un champ qui écarte le rayonnement cosmique de la Terre. C'est lors des périodes de grande activité solaire que le champ magnétique du Soleil peut plus efficacement dévier de la Terre le rayonnement cosmique. Lorsqu'elles sont basses, le champ magnétique perd de sa capacité à le détourner. On observe une diminution d'environ 40% de l'intensité du rayonnement cosmique entre le minimum et le maximum de l'activité solaire. Le cycle d'activité solaire connu de onze ans permet de prévoir sur plusieurs années l'exposition au rayonnement galactique.

1- ll. Le rayonnement dans l'environnement terrestre

La latitude et l'altitude, ainsi que le stade du cycle solaire, fixent la quantité, ou l'intensité, du rayonnement cosmique. Comme toutes les particules chargées électriquement, les ions qui constituent le rayonnement cosmique sont orientés ou déviés par les champs magnétiques comme l'aiguille d'une boussole. Or, la Terre est un gros aimant entouré d'un champ magnétique dont les lignes de force entrent par le pôle Nord pour sortir au pôle Sud : c'est la magnétosphère. Si les particules cosmiques possèdent une énergie supérieure à un certain seuil, appelé énergie de coupure magnétique, elles traverseront la magnétosphère pour arriver aux hautes couches de l'atmosphère. Mais si leur énergie est insuffisante, elles auront tendance à suivre les lignes de force du champ magnétique et atteindront les pôles qui subissent une irradiation supérieure à celle de l'équateur.

1- lll. Les rayons cosmiques peuvent-ils influer sur le climat de la Terre ?

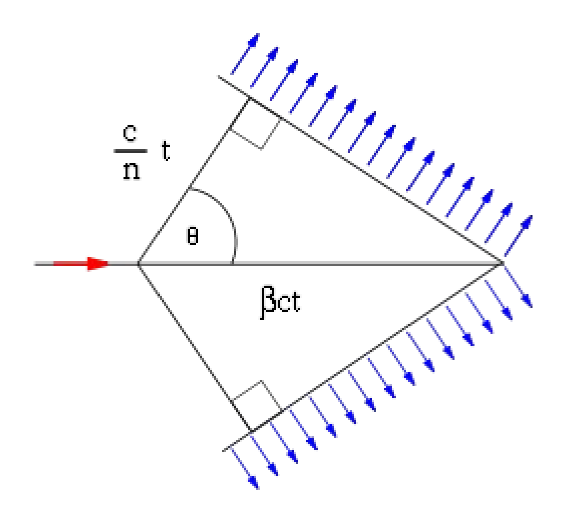
Modulé par le champ magnétique du Soleil, le flux des rayons cosmiques galactiques a-t-il un impact sur le climat, via la formation de nuages modifiant l'albédo de notre planète ? Une expérience menée au Danemark montre déjà qu'un lien est possible. L'expérience Cloud (Cosmics Leaving Outdoor Droplets) au CERN [3] se propose de déterminer l'influence que pourraient avoir les rayons cosmiques galactiques sur les nuages et le climat de la Terre, en étudiant leurs interactions microphysiques. En effet, la quantité de nuages, leurs caractéristiques et leur présence à diverses altitudes ont des répercussions sur le transfert radiatif de l'énergie solaire. Selon les cas, en réfléchissant le rayonnement issu du Soleil ou en piégeant celui issu de la Terre, les nuages peuvent influer de façon négative ou positive sur l'évolution de la température moyenne de la planète. Or, on soupçonne depuis un certain temps que l'intensité des rayons cosmiques tombant sur Terre module en partie la quantité de nuages présents dans l'atmosphère à des altitudes données.

Dans la partie 2, existence hypothétique d'ondes de choc lumineuses qui seraient créées et modulées par le choc des rayons cosmiques galactiques avec les particules de la couronne solaire. Dans la partie 3, discussion sur le parcours des ondes de choc lumineuses et leur impact sur la formation d'événements atmosphériques par le biais de la condensation de nuages. De surcroît, un regard sur le phénomène des flashes lumineux dans l'espace.

2
Existence plausible d'ondes de choc lumineuses dues à l'effet Tcherenkov dans le plasma

2- I. Rayonnement Tcherenkov

La théorie expliquant l'apparition du rayonnement Tcherenkov (aussi appelé Vavilov-Tcherenkov) fut élaborée par Tamm et Frank en 1937. Elle prouve que Tcherenkov avait effectivement découvert un nouveau type de rayonnement lumineux. L'explication donnée était qu'un électron se mouvant dans un liquide interagit violemment avec les atomes qu'il rencontre sur son chemin et les électrons de ces atomes se mettent aussi à rayonner. En conséquence, dans la matière apparaissent des ondes lumineuses qui se dispersent en tous sens à partir de l'électron en mouvement. Si la vitesse de l'électron est inférieure à celle de la lumière, les ondes lumineuses provenant des diverses régions de sa trajectoire s'amortissent mutuellement et on ne les voit pas. Mais si la vitesse de l'électron dépasse celle de la lumière dans une substance, les ondes lumineuses émises par l'électron à mesure qu'il se meut s'ajoutent l'une à l'autre, donnant naissance à une onde lumineuse qui s'éloigne sous la forme d'un cône [2, 4]. C'est la distribution conique de la lumière dans le sens du déplacement des électrons qui est appelée « rayonnement Tcherenkov ». Par la suite, Tcherenkov démontra que des particules à charge positive − mésons, protons (noyaux des atomes d'hydrogène), noyaux d'éléments lourds − étaient également capables, si leur vitesse était suffisamment élevée, d'émettre de la lumière.



Géométrie du rayonnement Cherenkov (*représentée pour le cas idéal de non dispersion*) [5].

2- II. Hypothèse d'un rayonnement dans le plasma solaire

La vitesse de la lumière c_1 dans un milieu liquide est inférieure à la vitesse de la lumière c dans l'espace vide. La vitesse v de l'électron dans le liquide est supérieure à la vitesse de la lumière dans ce liquide et inférieure à la vitesse de la lumière dans l'espace

$$c_1 < v < c \qquad (1).$$

Il est possible qu'un phénomène similaire puisse arriver dans l'espace, au sein du vent solaire. La valeur déterminée par les propriétés du milieu (atmosphère solaire, vent solaire) est désignée $c_1(w)$. La vitesse limite pour des corps matériels est la vitesse de la lumière dans le vide. La vitesse de la lumière dans le plasma solaire pourrait être inférieure à la vitesse de la lumière

dans l'espace vide, soit $c_1(w) < c$. Et la vitesse v d'une particule chargée à très haute vitesse pourrait être supérieure à la vitesse de la lumière dans ce plasma. Si $v > c_1(w)$, la charge se mouvant dans le milieu avec une vitesse constante commence à rayonner et, si $c_1(w) < c$, cette condition est remplie, sans déroger aux exigences de la théorie de la relativité

$$c_1(w) < v < c \qquad (2).$$

Plus ces ondes lumineuses s'ajoutent les unes aux autres, plus elles donnent naissance à des ondes frontales sous la forme d'un cône étroit. De sorte que la radiation générée par cette particule provoquerait des ondes lumineuses de choc, c'est-à-dire un rayonnement Tcherenkov. Le phénomène s'apparente à un avion qui se déplace plus vite que le son dans l'air et crée une onde de choc sur laquelle toutes les ondes sonores se retrouvent.

2- III. Effet Tcherenkov dans le plasma solaire par le choc des rayons gamma extragalactiques

Nous présumons que la vitesse de l'électron issue du choc avec un rayon gamma (ou rayon γ) sera supérieure à celle de l'électron intégral provenant de la couronne et que les ondes lumineuses se renforceront mutuellement. L'interférence de chacune des ondes émises par chaque atome perturbé, et aussi des ondes émises par l'électron ultra-rapide lui-même, est alors constructive. Un front d'onde cohérent apparaît sous la forme d'un cône de lumière. La fréquence de cette onde constructive s'assimile à celle du bleu ou de l'ultraviolet de l'effet Tcherenkov dans l'eau et aussi à la luminosité bleue de l'eau entourant le cœur d'un réacteur nucléaire.

Les sources de rayonnement gamma dans l'univers sont connues depuis 1948 mais n'ont été observées que depuis le début des années 1960. En fait, les photons gamma sont presque complètement arrêtés par l'atmosphère terrestre. Le rayonnement gamma de source cosmique résulte des événements les plus violents de l'univers : jets relativistes produits par des trous noirs supermassifs, sursauts gamma, etc. L'énergie des photons gamma émis peut atteindre des centaines de GeV [4]. Ils sont la forme d'énergie la plus élevée de la lumière, mais ils demeurent invisibles à l'œil humain. Il y aurait plus de rayons γ interstellaires et intergalactiques que prévu. Incidemment, en novembre 2010, les scientifiques du télescope Fermi ont annoncé la découverte de deux bulles géantes de rayons gamma qui émettent des gaz semblant provenir du centre de notre galaxie, la Voie lactée. L'origine de ces énormes structures, qui mesurent à peu près la moitié du diamètre de la Voie lactée et s'étendent à 25 000 années-lumière au nord et au sud du centre galactique, n'est pas connue, mais on spécule qu'elles pourraient émaner du trou noir massif au centre de la galaxie, ou peut-être, sont-elles les laissées-pour-compte d'une période de formation stellaire intense. Chose sûre, le centre de la galaxie abrite toutes sortes de phénomènes de hautes énergies sauvages et laineuses, incluant un gigantesque trou noir et des pulsars en violente rotation. Les théories cosmologiques suggèrent que la matière noire serait concentrée là-bas et que les collisions de particules de matière noire pourraient produire des pluies de rayons γ. Ces radiations énergétiques subissent une absorption négligeable et voyagent en ligne droite à partir de leur source vers le système solaire. Sous ce rapport, les rayons γ diffèrent des rayons cosmiques qui, étant des particules chargées, ont leurs mouvements sans cesse altérés par des interactions avec les champs magnétiques cosmiques [6].

Nous savons aussi que la couronne solaire émet beaucoup d'électrons en direction de la Terre. Une éjection de masse coronale (EMC) est une énorme explosion de vent solaire, une bulle de plasma, et des champs magnétiques s'élevant au-dessus de la couronne solaire ou étant libérés dans l'espace. Les EMC libèrent d'énormes quantités de matière et du rayonnement électromagnétique dans l'espace au-dessus de la surface du Soleil, soit près de la couronne ou plus loin dans le système planétaire ou au-delà (EMC interplanétaire). La matière éjectée est un plasma composé principalement d'électrons et de protons, mais peut contenir des petites quantités d'éléments lourds tels que l'hélium, l'oxygène, et même le fer [7].

On peut supposer que près de la couronne solaire, lorsqu'il y un flux supérieur de rayons γ provenant du centre galactique ou lorsqu'il y a des maximums de l'activité solaire, la vitesse d'une particule issue du choc avec un rayon γ galactique sera supérieure à celle de la particule intacte provenant de la couronne. La vitesse des photons dans ce plasma où le nombre d'occurrences est élevé sera légèrement inférieure à un photon dans le vide, mais suffisante pour produire des ondes lumineuses [8].

2- IV. Deux types d'interactions entre les rayons gamma (γ) cosmiques et le plasma solaire

Des études en laboratoire sur les interactions à haute énergie qui utilisent des accélérateurs de protons ont fourni beaucoup d'informations sur la nature des interactions à des énergies jusqu'à ~30-GeV qui produisent des rayons γ. Ces informations ont été complétées par des études d'interactions des rayons cosmiques à des énergies plus élevées qui se produisent dans l'atmosphère. Les connaissances acquises à partir d'études d'interactions à hautes énergies liées à la Terre peuvent ensuite être appliquées à des problèmes solaires et astronomiques impliquant les rayons cosmiques et les phénomènes d'annihilation. En traversant la matière, le rayonnement γ ionise par le biais de trois processus principaux : la diffusion Compton, la création de paires et l'effet photoélectrique.

Il existe deux types d'interactions de l'absorption des rayons γ à travers des interactions avec la matière à être considérés ici, soit le plasma solaire. Le premier est l'interaction de diffusion Compton

$$\gamma + e^- \rightarrow \gamma + e^- \qquad (3).$$

Les électrons jouent le rôle dominant dans la diffusion Compton des rayons γ. La diffusion Compton n'élimine pas le rayon γ en soi, mais permet le transfert, selon toute probabilité, d'une partie de son énergie à l'électron. Pour les rayons γ d'énergie $E\gamma > mc^2$, la quasi-totalité de l'énergie du rayon γ est absorbée, et nous pouvons dès lors considérer que le rayon γ a « disparu ».

Le second type d'absorption de rayons γ dans la matière implique la conversion d'un rayon γ en une paire électron-positron dans le champ électrostatique d'une particule chargée ou noyau. Si nous désignons un tel champ chargé par le symbole CC, une telle interaction pourrait symboliquement s'écrire

$$\gamma + \mathrm{CC} \rightarrow e^+ + e^- + \mathrm{CC} \qquad (4).$$

L'interaction de conversion, ou de création de paires comme cela est généralement appelé, présente une section transversale qui implique un facteur supplémentaire de la constante de structure fine, $\alpha = e^2/hc$, car elle suppose une interaction intermédiaire avec un champ électrostatique. Le seuil d'énergie pour la création de paires dans le champ d'un noyau atomique est $2m_ec^2$. Dans le cas de création de paires dans le champ d'électrons atomiques, l'énergie du seuil pour (4) est $4m_ec^2$. On peut considérer qu'il s'agit d'une interaction dans laquelle les rayons γ perdent de l'énergie au profit de l'énergie thermique de l'électron.

Considérons les effets du champ de rayonnement solaire sur l'intensité des rayons γ cosmiques. Dans ce processus, il y a absorption totale des rayons γ par des interactions avec le rayonnement. Il s'agit d'une création de paires dans laquelle les photons cosmiques énergétiques s'annihilent complètement

$$\gamma + \gamma_s \rightarrow e^+ + e^- \qquad (5),$$

où γ représente le rayon gamma cosmique et γ_s le photon solaire à faible énergie avec lequel il interagit. Ce processus ne peut avoir lieu que si l'énergie totale des rayons γ de l'interaction est supérieure ou égale à $2m_ec^2$ [9].

2- V. Mécanisme de formation d'une onde de choc lumineuse

Nous supposons que la vitesse de la lumière dans le plasma solaire tend à être inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide. On peut comparer cela à un milieu matériel transparent d'indice de réfraction n. La vitesse de la lumière dans ce milieu vaut $c_l = c/n$ (par la définition de l'indice de réfraction). Ainsi la vitesse d'un photon émis par un électron solaire dans le milieu solaire aurait une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide. Il est alors tout à fait envisageable que des particules chargées très légères et très énergétiques puissent se déplacer dans le plasma considéré, à une vitesse v supérieure à $c_1(w)$, (2). Sous ce rapport, les rayons gamma en arrivant près du Soleil frappent les électrons du Soleil, de sorte qu'ils produisent des électrons allant plus vite que les électrons solaires non heurtés. Ces particules chargées à très haute vitesse, en plus d'émettre des photons, interagissent violemment tout au long de leur trajectoire avec le milieu qu'elles traversent. En effet, elles perturbent temporairement la polarisation des couches électroniques des atomes rencontrés, ce qui provoque une émission radiative. Ainsi, chaque atome rencontré par la particule devient successivement émetteur d'un rayonnement au passage de la particule. Cette émission est donc provoquée à la vitesse $v_{e\text{-}g}$ de l'électron à très haute vitesse. Il s'avère que l'onde émise se propage à une vitesse $v_{e\text{-}s}$, inférieure à $v_{e\text{-}g}$, mais supérieure à $c_1(w)$

$$c_1(w) < v_{e\text{-}s} < v_{e\text{-}g} < c \qquad (6),$$

ce qui caractérise une onde de choc lumineuse.

(La vitesse $v_{e\text{-}g}$ de l'électron ultra-rapide provenant du choc avec les rayons gamma dans le plasma solaire est supérieure à celle des photons émis par l'électron solaire à la vitesse $v_{e\text{-}s}$ et inférieure à la vitesse c de la lumière dans l'espace.)

3
Discussion :
Ondes de choc lumineuses cosmiques et événements atmosphériques

3- I. Magnétosphère

Le vent solaire, flux de plasma constitué essentiellement d'électrons, de protons et de noyaux d'hélium qui sont éjectés de la couronne solaire, balaie en permanence le milieu interplanétaire à des vitesses aussi élevées que 900 km/s et à une température de 1 million de degrés Celsius. Notre planète endigue en tout temps la marée de ce plasma persistant. Le champ magnétique terrestre prend le relais quand son rebord extérieur fend le vent solaire comme les vagues en forme de V formées à la proue d'un navire en mouvement.

La région dans laquelle le champ magnétique régit la dynamique à grande échelle de l'ionosphère est la magnétosphère, à partir d'environ 150 km de hauteur et s'étendant à des dizaines de milliers de kilomètres dans l'espace. Dans ses parties les plus basses, il comprend la majorité de l'ionosphère, qui commencerait à 60-70 km de la Terre. À très haute altitude, les courtes longueurs d'ondes énergétiques du rayonnement solaire divisent une substantielle fraction des molécules et des atomes de l'air en parties constituantes, ce qui enrichit l'atmosphère en charges électriques libres : électrons, atomes positivement chargés, molécules dépouillées d'un seul ou de plusieurs électrons et ions [10].

Les régions externes de la magnétosphère contiennent les deux ceintures de radiations de Van Allen – concentrations de protons et d'électrons en forme de beignet qui encerclent la Terre au-dessus de l'équateur magnétique, à des distances de 10 000 et 20 000 km. La bande intérieure contient essentiellement des protons. La ceinture externe, qui reçoit le vent solaire, contient principalement des électrons. Il s'avère qu'un grand nombre d'électrons et de protons oscillent le long des lignes de force du champ magnétique sans être en mesure d'atteindre la surface de la Terre ou de s'échapper dans l'espace interstellaire. Ces particules, piégées par la géométrie du champ magnétique de la planète, ont des origines solaires ou proviennent de l'espace galactique [2]. Nous prévoyons que sous l'effet du choc des rayonnements cosmiques galactiques avec les particules de la couronne solaire, l'atmosphère solaire devient une source d'ondes de choc lumineuses cosmiques que le champ magnétique de la Terre n'empêche en aucun cas. Comme elles sont privées de charge électrique, elles pénètrent librement à l'intérieur du gigantesque piège de particules cosmiques, constitué de deux ceintures magnétiques. Ces ondes filent droit, tandis que les particules, sans ralentir, sont forcées de décrire des boucles autour de la Terre. Les particules, dont l'énergie dépasse couramment le MeV, peuvent rester emprisonnées dans le champ magnétique pendant plusieurs semaines. Neutre comme le neutron, une onde lumineuse frontale serait susceptible de passer à travers les ceintures de Van Allen et l'ionosphère de la Terre, et son intensité serait amplifiée en atteignant l'atmosphère, surtout lors d'une recrudescence de l'activité solaire.

Entre le champ magnétique et le niveau de la mer, l'atmosphère subit une augmentation de densité. D'une hauteur de 500 km, elle est d'un million de millionième de celle au niveau de la mer ; à 100 km, elle est d'environ un millionième. L'intensité du rayonnement cosmique est environ 100 fois supérieure aux altitudes où se déplacent les avions commerciaux qu'au sol. Arrivant dans les hautes couches de l'atmosphère terrestre, les ions interagissent avec les atomes qu'ils rencontrent. De ces collisions naissent des cascades de nouvelles particules. C'est ce rayonnement secondaire, composé en particulier de particules chargées et de neutrons, qui parvient jusqu'au sol lorsque la particule primaire a une énergie suffisante. Au

niveau du sol, le rayonnement cosmique ne représente que 11 % des rayonnements ionisants.

3- II. Troposphère

Ce sont les 20 km inférieurs de l'atmosphère, ou troposphère, qui nous influencent le plus puisque c'est là où nous vivons. Elle contient environ 90% de la masse totale de l'air et une grande partie de l'énergie dynamique de l'atmosphère. À 20 km au-dessus du sol, l'air est comprimé d'un facteur de dix. C'est dans les franges périphériques de la troposphère que l'énergie solaire engendre les nuages. La puissance de l'énergie solaire alimente l'évaporation-précipitation – moteur premier des ouragans et des typhons – et produit les grands courants météorologiques [11].

La météo est en soi un concept difficile à saisir. La principale source de difficulté réside dans l'absence d'une théorie précise des processus météorologiques et d'une théorie mathématique complète pour décrire l'hydrodynamique des flux complexes. Le système n'est pas déterministe [10]. Les scientifiques ont émis l'hypothèse que les rayons cosmiques peuvent influer sur la Terre en provoquant des changements de température et en causant la formation de nuages dans la haute atmosphère, après que leurs particules sont entrées en collision avec les particules de la troposphère et se sont désintégrées en pions, muons, etc. Les ondes de choc de la lumière participent-elles à cette douche cosmique ? Peuvent-elles agir sur les nuages, provoquer la formation de phénomènes météo extrêmes, comme les tornades, les ouragans ? Comment ?

On peut supposer un effet photoélectrique dans lequel le photon d'une onde de choc lumineuse cosmique interagit avec un électron atomique, lui transfère son énergie, l'éjectant ainsi de l'atome. L'énergie cinétique du photoélectron résultant est égale à l'énergie du photon incident de l'onde de choc lumineuse, moins l'énergie de liaison de l'électron. Si cet effet photoélectrique agissait sur les particules glacées des nuages à haute altitude ou sur des gouttelettes d'eau à basse altitude, et qu'il rapprochait une gouttelette de l'autre, les forces électriques pourraient les attirer et les particules fusionneraient. Ce processus pourrait accumuler de la vitesse et produire des gouttes plus grandes, plus lourdes, qui tombent sous forme de pluie. Ces ondes de choc lumineuses pourraient réchauffer la couche d'air de bas niveau, la dilater et former des nuées, des cumulo-nimbus. Dans certaines conditions (convection, front, forte baisse de température), elles pourraient contribuer à rendre le régime très instable, à générer des orages et à s'associer aux effets électromagnétiques et aux effets de foudre mariés à l'environnement orageux lorsque les tornades se produisent.

3- III. Flashes aveuglants : photons ou fermions ?

Nous estimons que ces supposées ondes de choc lumineuses pourraient également expliquer le phénomène des flashes lumineux dont la cause n'est pas encore connue. Le phénomène fait référence à de subites sensations visuelles rapportées par les astronautes lors des vols spatiaux. Le premier rapport remonte à 1969, il mentionne de brefs éclairs de lumière blanche vus par les astronautes d'Apollo-11 lors de leur vol vers la Lune. Par la suite d'autres équipages d'Apollo, de Skylab, des missions Apollo-Soyouz, de la station spatiale MIR, déclarèrent des expériences similaires. Les flashes sont perçus sous de multiples formes et dimensions : rayures, plusieurs tracés, étoiles filantes, explosions, etc. Parmi les théories avancées pour expliquer ce phénomène, citons l'interaction directe de particules chargées avec la rétine par ionisation, la lumière Tcherenkov dans le corps vitré [12, 1], l'effet indirect de protons télescopés par des neutrons ou des particules alpha. Il a également été proposé que la scintillation dans le cristallin de l'œil suscite les feux clignotants observés. Bien que fût évoquée, dès le début, l'explication du rayonnement Tcherenkov des rayons cosmiques

énergétiques traversant l'œil et qu'elle fût largement acceptée, une insatisfaction grandit du fait que ces radiations s'avéraient trop faibles. Par contre, les résultats de ALFMED et MIR tendaient à affirmer que la plupart des bouffées observées dans l'espace sont provoquées par des interactions directes de rayons cosmiques avec le globe oculaire [13, 14, 15].

Le mécanisme exact reste toutefois inexpliqué. La concordance des résultats expérimentaux avec le mécanisme le plus probable – création d'une radiation Tcherenkov lorsque la particule du rayon cosmique passe à travers l'humeur vitrée des yeux des astronautes – donne à penser que ces phénomènes visuels pourraient être causés aussi bien par des particules, chargées ou neutres, que par des ondes de choc lumineuses associées aux photons du spectre optique. Les particules subatomiques qui traversent les astronautes, frappent leur rétine en déclenchant des signaux interprétés par le cerveau comme des flashes de lumière, sont-elles d'essence exclusivement fermionique ? Le photon est-il l'acteur principal ? Nous croyons que le mécanisme suggéré dans la section 2-V produit des radiations beaucoup plus fortes du rayonnement Tcherenkov, ce qui corrobore l'explication originellement agréée. L'existence réelle d'ondes de choc lumineuses cosmiques devrait être sérieusement envisagée lors de futurs tests pour élucider l'énigme des flashes lumineux.

Conclusion

Nous conjecturons une onde de choc lumineuse cosmique satisfaisant aux équations de la relativité restreinte qui se déplacerait à une vitesse subluminique, c'est-à-dire inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide. Bien qu'un tel type d'onde n'ait cependant pas de réalité physique avérée en 2014, l'effet Tcherenkov – qui produit un flash de lumière lorsqu'une particule chargée se déplace dans un milieu diélectrique avec une vitesse supérieure à la vitesse de la lumière dans ce milieu – peut constituer une indication formelle d'une sorte de milieu gazeux ionisé entre le Soleil et la Terre capable de prédire ce type d'onde similaire à une onde de choc. Si leur existence était démontrée, les conséquences seraient importantes autant au niveau de la climatologie que de l'astronautique. Leur flux pourrait avoir un impact sur la formation de phénomènes atmosphériques par des interactions microphysiques photoélectriques et des transferts radiatifs intensifs de l'énergie solaire. Ces ondes pourraient aussi être une cause effective des étranges éclairs qui ont des effets neuro-physiologiques complexes sur les astronautes.

Références

[1] Rita G. Lerner, George L. Trigg, *Encyclopedia of Physics*, VCH Publishers, Inc., p. 193, Stirling A. Colgate, *Cosmic Rays – Astrophysical Effects* (1990).

[2] I. Radounskaïa, *Idées folles*, Édition MIR, Moscou, 95-97, 132, 134 (1972).

[3] The CLOUD Collaboration, *2009 PROGRESS REPORT ON PS215/CLOUD*, CERN, Geneva, SPS and PS Experiments Committee, CERN-SPSC-2010-013, April 7 (2010).

[4] Rita G. Lerner, George L. Trigg, *Encyclopedia of Physics*, VCH Publishers, Inc., p. 130, Michael Danos, *Cerenkov Radiation* (1990).

[5] En.wikipedia.org/wiki/Cherenkov_radiation.

[6] Meng Su, Tracy R. Slatyer, Douglas P. Finkbeiner, *GIANT GAMMA-RAY BUBBLES FROM Fermi-LAT: AGN ACTIVITY OR BIPOLAR GALACTIC WIND?* Astrophys.J. 724:1044-1082,2010.

[7] Nicky Fox, *Coronal Mass Ejections*, Goddard Space Flight Center 2 NASA, 2011.

[8] NASA, Space Weather, *What impact do solar flares on human*, a.gsfc.nasa.gov/sftheory/ spaceweather.htm.

[9] Floyd William Stecker, *Cosmic Gamma Rays*, NASA, 3, 77, 80-83, 149, 160, 207 (1971).

[10] Ivan Tolstoy, *The Pulse of a Planet*, Signet Science Library, 62-78 (1971).

[11] Fernand Nathan, *L'essentiel sur le monde physique*, *L'atmosphère*, 26-30 (1976).

[12] NASA, *Light Flashes Experiment*, ares.jsc.nasa.gov/HumanExplore/…/ALFMED.htm.

[13] A. Morselli, P. Picozza, *The SilEye apparatus for the study of Cosmic ray on the MIR Space Station*, Dept. of Physics, II Univ. of Rome ”Tor Vergata” and INFN, Italy.

[14] S. Avdeev *et al*, *Eye light flashes on the MIR station*, Acta Astronautica Vol. 50, No. 81, pp. 511–525 (2002).

[15] Julie Payette, *Magnétisme ; renversement des pôles magnétiques* ; Radio-Canada TV, Découverte, 22/01/2012.